

Der Bau der Insekten in seinen Beziehungen zu den Leistungen und Lebensverhältnissen dieser Thiere.

Dargestellt von

Prof. Dr. Rudolf Leuckart

in Giessen.

Es ist die Aufgabe der wissenschaftlichen Zoologie, nicht bloss die einzelnen Thierformen zu beschreiben, und nach den typischen Verhältnissen ihres Baues zu gruppiren, sondern auch als zweckmässig, als nothwendig für bestimmte Leistungen zu begreifen. Leider ist in dieser letzteren Hinsicht erst sehr wenig geschehen. Kaum giebt es hier mehr als einzelne gelegentliche Bemerkungen über den Nutzen dieses oder jenen Gebildes, über die Beziehungen desselben, zu einzelnen Besonderheiten der Lebensweise, Sitten u. s. w. Manche auffallende Bildungen haben dadurch wohl ihre teleologische und mechanische Erklärung gefunden; von einer vollständigen, physiologischen Analyse, von einer Statik der thierischen Formen sind wir gegenwärtig aber noch sehr weit entfernt.

Von der grossen Bedeutung dieser Aufgabe durchdrungen, hat der Verfasser in Gemeinschaft mit Professor Bergmann in Göttingen den Versuch gemacht, so weit als möglich, den Bau und die Organisation der verschiedenen Thiere von solchem Gesichtspunkt zu beleuchten. Was sich hierbei für die Klasse der Insekten ergeben hat, mag hier zugleich

als eine nähere Andeutung über die Richtung und Resultate jener Arbeit, eine Stelle finden. —

Die Insekten gehören bekanntlich mit Spinnen, Tausendfüßlern und Crustaceen zusammen in die Abtheilung der Arthropoden, die vornehmlich durch den Besitz eines äussern segmentirten Skeletes und gegliederter Extremitäten charakterisirt ist.

Wenn wir sehen, dass diese Arthropoden sich in den wesentlichen Verhältnissen ihres Baues von den Wirbelthieren unterscheiden, dass sie, aller architectonischen Verwandtschaft entbehrend, einem andern neuen Typus folgen, so drängt sich uns zuerst die Frage nach der Nothwendigkeit dieser Verschiedenheit auf.

Die Verschiedenheit der typischen Bauweisen in der Natur steht offenbar mit der Unendlichkeit der zwischen Thier und Aussenwelt möglichen Beziehungen in engster teleologischer Verbindung.

Ein jeder einzelner Typus involvirt schon in seinem Plane durch die physikalischen und mechanischen Verhältnisse der Anlage eine gewisse Begrenzung. Er wird nicht allen Bedingungen entsprechen können. Man versuche es einmal, einen Polyp oder eine Meduse auf das Trockene zu versetzen, sie mit Organen auszustatten, durch deren Hülfe sie sich hier mit Schnelligkeit und Sicherheit umherbewegen könnte, und man wird sich von der Unmöglichkeit solcher Gestaltung leicht überzeugen. Der typische Charakter solchen Thieres würde darüber zu Grunde gehen müssen. Nur für ein Leben im Wasser, nur für beschränkte Verhältnisse eignet sich dieser Typus.

Es hängt von der Bildsamkeit des Typus ab, in welcher Breite derselbe durch die Darstellung in concreten Gestalten sich den äussern Verhältnissen anschmiegen könne. Ausgezeichnet in dieser Hinsicht ist namentlich der Typus der Wirbelthiere. Ein cylindrischer, seitlich symmetrischer Körper, durch ein inneres gegliedertes Skelet gestützt und mit vier Extremitäten versehen, wird in verschiedener Weise sich in einzelnen Gestalten ausprägen können. Er birgt die Möglichkeit, sich den verschiedensten Medien in mannichfaltigster Beziehung anzupassen, und hat diese Möglichkeit, so dürfen

wir wohl annehmen, durch die Zahl und Mannichfaltigkeit seiner einzelnen Gestaltungen erschöpft. Trotz seiner grossen Bildsamkeit findet aber auch der Typus der Wirbelthiere seine Grenzen. Er findet sie vornämlich in seiner räumlichen Entwicklung nach oben und unten.

Die Anwesenheit eines innern gegliederten Skelets setzt eine bestimmte Grösse voraus. Es gehört eine gewisse Kraftleistung dazu, das Skelet zu tragen, eine noch grössere, es für locomotorische Zwecke zu verwenden. Die Kraftleistung kann nur durch eine entsprechende passend angeordnete Muskelmasse erzielt werden, die zu ihrer Integrität an die Entwicklung der nutritiven Organe natürlich ihre bestimmten Anforderungen stellt.

Ein Wirbelthier kann nicht unter eine gewisse Grösse herabsinken, ohne aufzuhören, Wirbelthier zu sein. Wir dürfen wohl annehmen, dass in den kleinsten Formen der Wirbelthiere diese Grössengrenze erschöpft sei *).

Die kleinsten Wirbelthiere sind Wasserbewohner. Sie leben in einem Medium, dessen physikalische Beschaffenheit eine geringere Festigkeit und Schwere des Skelets erlaubt, also auch eine geringere Kraftleistung und Muskelmasse zulässt.

Diese Grössengrenze des Wirbelthiertypus verhindert es nun aber, solche Thiere allen möglichen äussern Verhältnissen anzupassen. Für bestimmte Leistungen, gewisse Formen des Lebens bedarf es einer sehr wenig ansehnlichen

*) Die Grössengrenze der Wirbelthiere in der andern Richtung wird ebenfalls durch das mechanische Verhältniss der bewegenden Kräfte zur Schwere bedingt. Die Kraftleistung des Muskels wächst nicht mit der Masse, sondern mit dem Querschnitt. Bei einer Vergrösserung des ganzen Körpers wächst aber der Muskel nach allen Dimensionen, und daher muss das Verhältniss von Leistung und Masse sich immer ungünstiger gestalten. Durch Fortschreiten der Vergrösserung werden die Thiere zuletzt so schwer, dass keine hinreichende Kraft für die Fortbewegung erzeugt werden kann. Die grössten Wirbelthiere leben, wie die kleinsten, im Wasser, weil hier der Körper besser gestützt wird, und (da in solcher Weise für die Stütze keine Muskelkraft verloren geht) schon eine geringe Kraftleistung im Stande ist, den Körper zu bewegen. Mehreres hierüber, auch über die Betheiligung des Skelets an der Schwere bei verschiedenen grossen Körpern, s. in dem oben erwähnten Werke.

Grösse, einer geringeren, als die Wirbelthiere, namentlich die landbewohnenden Arten, sie darbieten.

Sollen derartige äussere Verhältnisse nun aber dem thierischen Leben nicht verloren gehen — und wir dürfen wohl behaupten, dass solches dem Zweck der thierischen Schöpfung zuwider ist —, so muss eine andere, neue Combination der bewegenden und ernährenden Kräfte, eine neue typische Bauart der thierischen Maschine in Anwendung gezogen werden.

Und solche sehen wir in dem Typus der Articulaten. Sie wiederholen gewissermassen im Kleinen die Lebensformen der Wirbelthiere, sind ähnlichen Verhältnissen in gleich verschiedener und mannichfaltiger Weise angepasst.

Die Thiere, die hieher gehören, sind mit einem äussern Skelet versehen, in dem wir die verdickte Hautbedeckung wiedererkennen. Die Anwesenheit des Skelets erlaubt (natürlich unter sonst günstigen Verhältnissen der mechanischen Anordnung) eine sehr freie Bewegung, die äussere Lage desselben eine sehr geringe Körpergrösse.

Diese Beziehung zwischen Grösse und Skelettbildung wird uns leicht klar werden, sobald wir nur die Lehre von der Resistenz hohler Säulen dabei berücksichtigen. Durch diese wissen wir, dass dieselbe Gewichtsmenge von Skeletsubstanz eine grössere Kraftleistung besitzt, wenn sie die Form eines Cylinders hat, eine geringere, wenn sie in Form eines soliden Stabes von derselben Länge verwendet wird. Das Verhältniss des Querschnittes ist es, nach welchem die Stärke zunimmt. Die Röhrenknochen der Extremitäten bei den Vertebraten würden an Stärke kaum gewinnen, wenn sie zu soliden Säulen würden. Wohl aber würde das Gewicht dadurch in einem Maasse vergrössert werden, dass dieselben Muskelmassen sich nicht mehr mit gehöriger Leichtigkeit bewegen könnten.

Jetzt denken wir uns einen thierischen Körper von so geringer Grösse, dass seine Muskelkraft nicht mehr hinreichen würde, ein inneres Skelet von gehöriger Festigkeit (das sicherlich solid sein müsste) zu tragen, also noch kleiner, als das kleinste Wirbelthier. Soll solch ein Thier beweglich sein, so muss entweder das Skelet ganz ausfallen (das Thier wird

dann etwa zu einem Wurme, einer Schnecke oder dergleichen), oder das Skelet wird, wenn die Verhältnisse, unter denen es leben soll (Aufenthalt auf dem Lande bei gleichzeitiger rascher Bewegung) die Anwesenheit desselben verlangen, nach aussen verlegt werden müssen. Ein solches Röhrenskelet wird nicht bloss mit einer geringern Masse dieselben Leistungen erfüllen, also leichter sein können, sondern auch den zur Bewegung bestimmten Muskeln eine grössere Insertionsfläche darbieten. Die Vortheile der Skeletbildung lassen sich auf solche Weise mit einer sehr geringen Körpergrösse vereinigen *). Durch eine neue Anwendung desselben mechanischen Princips wird einer ganz neuen Reihe von thierischen Formen die Möglichkeit der Existenz eröffnet.

Auch das dürfen wir bei unserer Betrachtung nicht unberücksichtigt lassen, was das äussere Skelet als Schutzorgan leistet.

Als Maass des Schutzbedürfnisses bei den Thieren, wenn gleich als ein sehr rohes, dürfen wir wohl die Körpergrösse ansehen. Die kleineren Thiere sind im Allgemeinen schwächer, also auch viel mehr dem Angriff ihrer Feinde preisgegeben, als die grösseren.

Allerdings hat die Natur die mannichfachsten Mittel, dieses Verhältniss in mehr oder minder vollkommener Weise zu eliminiren, durch Beweglichkeit, Färbung, Aufenthalt, Lebensweise, Instinkte, Sitten und endlich durch Fruchtbarkeit (die im Allgemeinen in umgekehrter Proportion zur Körpergrösse stehet) den für die Existenz der Arten so nachtheiligen Folgen desselben vorzubeugen, allein das reicht keineswegs für

*) Wenn wir sehen, dass die grössesten Arthropoden an Körperdimension die kleinsten Wirbelthiere übertreffen, so kann dieses nicht als Grund gegen unsere vorstehende Deduction geltend gemacht werden. Einmal geschaffen kann der Typus eben wegen seiner Bildsamkeit, auch für andere Verhältnisse verwendet werden, als die sind, welche zunächst in ihm ihren physiologischen Ausdruck finden. So sehen wir auch Vögel, die nicht fliegen können, obgleich die Einrichtung zum Fluge das bedingende Moment des Vogeltypus ist u. s. w. Die grössten Arthropoden leben im Wasser, wohl aus demselben Grunde, wie die grössten Wirbelthiere.

alle Verhältnisse hin. Oft bedarf es activer und passiver Waffen zu diesem Zweck.

Bei den Wirbelthieren mit innerem Skelet bestehen diese in besonderen, äusseren Ausrüstungen, in Zähnen, Krallen, Panzer u. s. w., die zu dem innern Skelet hinzukommend die Schwere des Körpers vergrössern, und nicht bloss durch ihr eigenes Gewicht, sondern auch durch das Gewicht der zur Bewegung und Verwendung derselben nothwendigen Muskeln, der dadurch erforderlich gewordenen Veranstaltungen in den nutritiven Organen u. s. w. Wo aber das Skelet ein äusseres ist, fallen solcherlei Vorrichtungen grösstentheils hinweg, indem die äussere Stütze zugleich hinreichenden Schutz gewährt, oder doch mit geringem Aufwande in besondere Waffen u. s. w. sich umwandeln lässt. Und alles dieses wird natürlich auf Gewicht und Körpergrösse gleichfalls von Einfluss sein.

Nachdem wir nun auf solche Weise die Nothwendigkeit eines durch äussere Skeletbildung vermittelten Baues für bestimmte Thierformen nachgewiesen haben, müssen wir nach den weiteren Veranstaltungen fragen, durch welche ein derartiges Geschöpf für seine weitem Bedürfnisse passend eingerichtet werden könnte.

Soll dasselbe mit einer raschen Beweglichkeit gestaltet werden, soll es namentlich auch auf dem Trocknen dieselbe entfalten können — und solche Aufgaben haben die Insekten zu erfüllen — so muss es vor allem Anderen einen seitlich symmetrischen Bau haben. Erst vor Kurzem sind wir durch die interessanten Andeutungen von Eduard Weber darauf aufmerksam geworden, wie nothwendig eine gleiche Gewichtsvertheilung auf beiden Körperseiten für die locomotorischen Leistungen ist. Bei dem Maschinenbau haben wir schon längst diese Nothwendigkeit eingesehen. Ein Dampfwagen, der auf den Schienen rollen soll, muss symmetrisch gebaut sein, während wir der stehenden Dampfmaschine jede beliebige Form geben können.

Sehr passend wird es ferner sein, dem Körper solcher Geschöpfe eine Längsstreckung, eine Cylinderform, zu geben, damit der Widerstand der Luft bei der Bewegung leichter überwunden werden könne.

Das äussere Skelet eines solchen Thieres darf endlich keinen homogenen, starren Panzer darstellen, wenn die Bewegung nicht leiden soll; feste und weiche Theile müssen vielmehr mit einander abwechseln, um gegenseitige Verschiebungen zuzulassen, wie sie durch die mechanischen Vorgänge der Locomotive erforderlich werden. Wenn nun aber der Nutzen des Skelets als Stütze und Schutzorgan hierunter nicht leiden soll, so war es wohl am passendsten, die weichen Zwischenlagerungen möglichst zu beschränken und sie in regelmässigen Abständen auf einander folgen zu lassen.

So wie bei den Vertebraten dieses Verhältniss in der Gliederung der Wirbelsäule, des innern Skeletstammes seinen morphologischen Ausdruck findet, ebenso sehen wir es als mechanische Bedingung für die Segmentirung des Panzers bei den Articulaten. Wirbel und Segment erscheinen als physiologische Aequivalente, deren Anwesenheit durch die mechanischen Anforderungen bestimmter Lebensformen nothwendig geworden ist. Wie die Anwesenheit solcher homologen Abschnitte in den festen Skelettheilen der Thiere auf die Entwicklung der Muskeln, Gefässe; Nerven u. s. w. influire, auch in diesen eine ähnliche Gliederung verlange, will ich hier nicht näher ausführen. Es genügt die Andeutung, dass solches Verhältniss durch die physiologischen Anforderungen der erstern bedingt wird.

Einmal erfunden — wenn ich mich dieser anthropomorphistischen Anschauungsweise bedienen darf — gestatten diese homologen Elemente nun aber eine mannichfaltige Verwendung für die verschiedensten Bedürfnisse und Thätigkeiten. Sie beschränken sich nicht auf die locomotorischen Leistungen.

Das Princip der Segmentbildung wird auf solche Weise zum architeclonischen Gesetze für die Insekten und die übrigen Arthropoden.

Der ganze Körper dieser Thiere, so lehrt uns die morphologische Analyse, besteht aus einer Anzahl auf einander folgender Segmente, die aber nicht bloss einfache Ringe bleiben, sondern in ihrer vollendeten typischen Form am Bauch und Rücken mit besonderen paarigen Anhängen versehen sind. Wir finden nun freilich kein einziges Insekt,

welches ganz genau diesem Schema entspräche, allein die Morphologie lehrt uns überhaupt keine concreten Gestalten, sondern bloss ideale Formen und Verhältnisse; sie zeigt uns die architectonischen Formeln, die durch das Hinzukommen neuer, nach den speciellen Bestimmungen wechselnder Factoren, mannichfach abgeändert, in den einzelnen Thieren uns verkörpert entgegentreten. Den Werth solcher Formeln zu bestreiten, ist eben so thöricht, als zu behaupten, es sei unnöthig zu wissen, dass die Erde eine Kugel sei, da wir doch bloss Unebenheiten auf ihrer Fläche vor uns sähen!

Wenn wir nun sehen, dass in dem Bau der Insekten jener allgemeine Bildungsplan in gewisser Hinsicht modificirt ist, so erwächst uns die Aufgabe, die Nothwendigkeit dieses Geschehens nachzuweisen, mit den Leistungen und Lebensverhältnissen der betreffenden Thiere in Einklang zu bringen.

Die Insekten sind im Allgemeinen mit einer sehr beträchtlichen locomotorischen Fähigkeit ausgerüstet. Wenn wir nun auch schon von vorn herein erschliessen können, dass diese Fähigkeit durch sehr mannichfaltige Einrichtungen in den verschiedensten Organen und Theilen erzielt worden sei, so beruhet sie doch zunächst und vornämlich auf der Anwesenheit und Anordnung besonderer bewegender Apparate. Diese sind aber nicht bloss Beine zur Fortbewegung auf dem Boden, eine solche Ausstattung würde nicht alle die Beziehungen erschöpfen können, in welche jene Thiere zu der Aussenwelt treten sollten; sie würde nicht hinreichen, die ganze Mannichfaltigkeit ihrer Lebensäusserungen zu entfalten. Ausser den Beinen besitzen die Insekten noch Flugapparate, zur Fortbewegung in der Luft, gleich den Vögeln.

Die Gebilde, welche in solcher Weise zum Zwecke der Locomotion verwendet werden, sind nur Segmentanhänge. Durch ihr allgemeines Verhalten und ihre typische Anordnung bieten sich diese den physiologischen Bedürfnissen als passende Organe. Ventrale Segmentanhänge sind es, die uns als Beine entgegentreten, dorsale *), die zu den Flugwerk-

*) Dass die Flügel der Insekten als Segmentanhänge zu deuten sind, mit Beinen u. s. w., in dieselbe Organengruppe gehören, habe ich an einem andern Orte (Morphologie der wirbellosen Thiere S. 89.)

zeugen geworden sind. Dass bei solcher Verwendung, die aus der Lagenverschiedenheit der Anhänge resultirenden mechanischen Vortheile sehr passend benutzt sind, brauche ich nicht näher auseinander zu setzen.

Um eine Bewegung in der Luft zu erzielen, bedarf es flächenhaft ausgebreiteter Organe. Solche Organe sind die Flügel der Insekten, am meisten mit den Flugwerkzeugen der Fledermäuse vergleichbar; häutige Lamellen, die durch verästelte, hornige Leisten und Röhren gestützt sind. Die Ausbreitung dieser Flugflächen wird durch das Körpergewicht und die zu erzielenden Leistungen bestimmt; ein schweres Insekt bedarf relativ grösserer Flügel, wenn es im Flug mit einem leichtern wetteifern soll.

In vielen Fällen reichen die Flugflächen zweier Segmentanhänge für die Bedürfnisse aus. Es findet sich dann nur ein einziges Flügelpaar, wie bei den Vögeln. Wo hierdurch den physiologischen Anforderungen nicht genügt werden könnte, da wird ein zweites Flügelpaar gebildet, das aber, um die Regelmässigkeit der Bewegung zu erhalten, nicht bloss mit dem ersteren stets gleichzeitig wirkt, sondern auch damit eine continuirliche Fläche darstellt. Es ist dieses dadurch möglich geworden, dass die Flügel, wo sie in mehreren Paaren vorkommen, beständig an zweien einander folgenden Segmenten befestigt sind. Ihre innern aneinander anstossenden Ränder berühren sich dann, überragen sich sogar, und sind in vielen Fällen durch Falze, Klammern u. s. w. an einander befestigt.

Es genügt aber nicht, ein Thier mit einem Flugapparate auszustatten, um es zum Fliegen zu befähigen. Der ganze Körper muss zu diesem Zwecke passend gebaut, und namentlich das Gewicht desselben in zweckmässiger Weise vertheilt sein.

Die mechanische Nothwendigkeit solcher Anordnung ist für den Bau der Insekten ebenso bestimmend, als für den

nachgewiesen. Seither ist mir eine merkwürdige Beobachtung bekannt geworden, welche mit Evidenz diese morphologische Uebereinstimmung nachweist, ein Fall von einem *Prionus coriarius*, welcher, statt der beiden Deckflügel, zwei Beine trug. Vergl. Stett, entomolog. Ztg. I. S. 48.

der Vögel. Allerdings sind die Unterschiede der Insekten von den Spinnen und den übrigen nichtfliegenden Arthropoden minder auffallend, als die Unterschiede der Vögel von den Säugethieren; allein solches wird wohl ganz einfach darin seine Erklärung finden, dass bei den Vögeln schon wegen der beträchtlichen Körpergrösse und Schwere weit mehr Schwierigkeiten zu überwinden waren, sie zu Flughieren passend einzurichten. Die Beseitigung dieser Hindernisse ist es allein, die in den Abweichungen des Vogeltypus von dem der Säugthiere ihren formellen Ausdruck findet.

Die Mechanik des fliegenden Körpers bestimmt zunächst eine gewisse Grössengrenze des Körpers, die wir für die Insekten wohl in den grössten fliegenden Formen erreicht sehen. Es liegt selbst die Vermuthung nahe, dass in manchen ungeflügelten Heuschrecken u. s. w. diese Grenze bereits überschritten sei, wie bei dem Strauss unter den Vögeln, dass eben deshalb (nicht wegen des Mangels der Flügel) denselben die Fähigkeit zum Fluge abgehe.

Hinter der Grössengrenze der Arthropoden — die übrigens gleichfalls in dem Verhältniss zwischen der zu bewegendem Masse und der bewegendem Kraft gegeben sein wird — bleibt die der Insekten um ein sehr Bedeutendes zurück. Es beruhet dieser Umstand sehr augenscheinlich darauf, dass die Flugbewegung einen weit bedeutenderen Kraftaufwand erfordert, als jede andere, und namentlich die Bewegung im Wasser (die grössten Arthropoden sind Crustaceen). Ein Körper, der wegen seiner Grösse nicht mehr wird fliegen können, mag unter andern Verhältnissen immer noch sehr beweglich sein.

Auch die Gestalt des Körpers ist nicht gleichgültig für die Flugbewegung. Ein wurmförmiger Leib wird dafür sich weniger eignen als ein kürzerer und gedrungener. Nur muss natürlich hier eine bestimmte Grenze eingehalten werden, weil sonst die Widerstandsfläche gegen die Luft, und damit der zu überwindende Widerstand selbst allzusehr wachsen würde. Es darf dieses nur so weit geschehen, dass der aus der Verkürzung hervorgehende Vortheil der Gewichtscencentrirung darunter nicht verloren geht. Wir wissen, dass nach mechanischen Gesetzen die Leichtigkeit der Bewegung mit

der Annäherung des Gewichtes an den Unterstützungspunkt zunimmt. Je mehr Körpermasse daher in die Gegend der Flügel verlegt ist, desto passender wird es für den Flug sein.

Es ist nun freilich möglich, dass durch anderweitige Gründe auch eine Längsstreckung des fliegenden Körpers verlangt werde, doch dann wird der daraus etwa hervorgehende Nachtheil durch sonstige passende Einrichtungen beseitigt werden müssen. Die Tageschmetterlinge mit langem, dünnem Leib haben deshalb sehr ausgebreitete Flugflächen nöthig, andere Insekten mit ähnlicher Körpergestalt (Lehneu-moniden u. s. w.) eine sehr freie Gelenkverbindung an dem Anfang des Hinterleibes, die eine verschiedene Haltung desselben zulässt und dadurch die Lage des Schwerpunktes in manchfacher Weise abändert, u. s. w.

Sehr augenfällig spricht sich diese Concentration des Körpergewichtes besonders in der Anheftung der Beine aus, die mit ihren Muskeln einen sehr bedeutenden Antheil an dem Gewichte haben. In unmittelbarer Nähe der Flugwerkzeuge werden sie die Beweglichkeit am wenigsten behindern. Auch ist es wünschenswerth, ihre Zahl möglichst zu beschränken, da eine Vermehrung derselben auch natürlich mit einer Vermehrung des Körpergewichtes verbunden sein würde.

Die Beine der Insekten überschreiten aus diesem Grunde niemals die Sechszahl. Sie sind als paarige Anhänge an drei auf einanderfolgenden Segmenten befestigt und den Flügeln möglichst nahe gerückt.

Es ist schon oben angedeutet worden, dass die Concentration des Körpergewichtes zwischen den Flügeln aus mancherlei Rücksichten nicht immer in gleicher Vollständigkeit hat geschehen können. Der Schwerpunkt des Körpers wird nicht überall mit dem Stützpunkt beim Fluge zusammenfallen können. Für solche Fälle ist die Lage des Schwerpunktes aus statischen Gründen nun aber dahin bestimmt, dass er beständig unter *) dem Stützpunkt gelegen sein muss.

*) Das Lagenverhältniss von Schwerpunkt und Stützpunkt des fliegenden Körpers ist sehr wesentlich für die Richtung des Fluges. Wo beide zusammenfallen, wird die Bewegung in horizontaler Richtung die natürlichste und leichteste. Je tiefer der Schwerpunkt unter dem Stütz-

Aus solchen Verhältnissen folgt für die Localisation der Flugapparate das Gesetz, dass dieselben dem Vordertheile des Leibes bis etwa zur Mitte verbunden seien. Durch andere Umstände wird die Anheftung derselben noch weiter bestimmt. Sie dürfen nicht unmittelbar an der vorderen Körperspitze gelegen sein, weil diese, um die Luft besser zu durchschneiden, keinen beträchtlichen Umfang haben durfte, die Bewegung der Flügel aber eine sehr ansehnliche Muskelmasse in Anspruch nimmt. Die keilförmige Gestalt des Vorderkörpers würde unmöglich sein, wenn die Flugapparate das vorderste Ende des Körpers einnähmen. Um die Gestalt des Insektenleibes diesen mechanischen Bedingungen noch mehr anzupassen, sind die Flugapparate über die drei mit Beinen versehenen Segmente solchergestalt vertheilt, dass das erste überall derselben entbehrt. An räumlicher Entwicklung wird dieses daher hinter den übrigen zurückbleiben können, einen allmählichen Uebergang von dem Vorderende des Körpers zu ihnen vermittelnd.

Die Bewegungswerkzeuge der Insekten bedingen nun durch ihre Anwesenheit die Entwicklung des sogenannten Thorax. Vor den übrigen Regionen des Leibes ist dieser Abschnitt durch Umfang, Festigkeit, Skelettbildung sehr augenfällig ausgezeichnet. Er musste es sein, weil die Entwicklung der Extremitäten bestimmte Anforderungen an ihn stellt, von deren Erfüllung der Gebrauch und die zweckmässige Verwendung derselben abhängt.

Aehnliche Beziehungen treffen wir bei den Vertebraten zwischen Extremitäten und Wirbelsäule. Wenn dieselben bei den Arthropoden noch mehr hervortreten, so rührt das wohl daher, dass diese letzteren mit einem äussern Skelet versehen sind, dessen Formen natürlicher Weise die Anordnung der im Innern umschlossenen Muskelpartien in höchstem Grade widerspiegeln müssen. Aus solchem Grunde ist zunächst der beträchtliche Umfang des Thorax erklärlich (namentlich der

punkt liegt, desto mehr wird jene Richtung zu einer diagonalen oder senkrechten. Aus solcher Anordnung folgt es, wenn wir sehen, wie die Mücken tanzend in der Luft auf- und absteigen, die Coprophagen horizontal über dem Boden dahinfliegen u. s. w.

beiden hintern Ringe), da die Bewegung der Locomotionsorgane einen sehr ansehnlichen Muskelaufwand erfordert. Die räumlichen Bedürfnisse derselben sind um so grösser, als die Muskeln aus den Extremitäten selbst fast vollkommen entfernt sind, weil nach mechanischen Gesetzen die Leistung derselben um so mehr wächst, als der Schwerpunkt dem Drehpunkte sich annähert.

Diese Muskeln bedürfen aber auch ferner nicht bloss einer grossen, sondern auch einer festen Insertionsfläche; die einzelnen Segmente können deshalb nicht durch eine biegsame Verbindungshaut getrennt sein, sondern müssen durch feste Ineinanderfügung und hinlängliche Stärke sich auszeichnen. Die Nothwendigkeit solcher Anordnung folgt auch aus dem Gebrauch der Beine: im andern Falle würde der durch diese getragene Körper zwischen den einzelnen Extremitätenpaaren durch seine eigene Schwere leicht einsinken.

Der vor dem Thorax gelegene Körperabschnitt der Insekten enthält die Mundöffnung. Bei der teleologischen Beziehung zwischen Bewegung und Nahrungsaufnahme kann es uns nicht überraschen, wenn wir denselben in solcher Weise verwendet sehen. Bei allen Thieren, die für umfassende und mannichfaltige Lebensverhältnisse geschaffen werden, die zu diesem Zwecke namentlich eine vollkommnere Locomotion besitzen, muss die Lage der Mundöffnung in der Richtung der Körperbewegung ja die natürlichste sein.

Mit der Anwesenheit der Mundöffnung ist nun aber die Ausrüstung der Insekten für nutritive Zwecke nicht vollendet. Ohne weitere Apparate würde dieselbe wohl nur zum Schlürfen einer flüssigen thierischen oder vegetabilischen Substanz und zwar einer frei und offen daliegenden, geschickt sein. Allein bei einer solchen Nahrungsweise bedürfte es keiner Ausstattung mit jenen wirksamen Bewegungsorganen, die wir bei den Insekten vorgefunden haben. Schon aus ihnen können wir auf mancherlei complicirte Thätigkeiten zurückschliessen, die den Process der Nahrungsaufnahme begleiten und vermitteln.

Die Ausübung solcher Thätigkeiten verlangt nun auch natürlich ihre eigenen Organe, deren speciellere Anordnung

nach den jedesmaligen Bedürfnissen, nach den durch Lebensweise und Gesamtbau vorgeschriebenen Modalitäten in der Besitznahme, Behandlung und Einfuhr der Nahrungsmittel bestimmt wird. Wiederum konnten nun aber keine passendere Organe für diese Zwecke gefunden werden, als Segmentanhänge, und zwar ventrale, die der Mundöffnung zunächst anliegen.

Ein einziges Paar dieser Anhänge würde nun aber für die mannichfachen Leistungen der Mundorgane nicht ausreichen: es mussten die Nahrungsmittel nicht bloss ergriffen und in den Darmkanal übergeführt werden, es war ausserdem auch nöthig, mit Beseitigung vielfacher Hindernisse den Weg zu demselben zu bahnen, sie in geeigneter Weise vor dem Ueberschlucken zu bearbeiten u. s. w. Vier Paare von Segmentanhängen sind mit diesen Aufgaben betrauet, Gebilde, die wir in wechselnder Form als Oberlippe, Oberkiefer, Unterkiefer, Unterlippe bei den Insekten vorfinden.

Die zweckmässige Verwendung dieser Anhänge wird indessen nicht bloss durch eine gewisse äussere Form derselben bestimmt; sie verlangt mit gleicher Nothwendigkeit eine entsprechende Umbildung der betreffenden Segmente. Den Thätigkeiten jener Gebilde müssen diese eine hinreichende Stütze bilden; sie müssen ihnen ferner auch Gelegenheit geben, durch möglichst grosse Annäherung ihre Bewegungen gehörig in einander greifen zu lassen und auf denselben Punkt zu concentriren.

In diesen Verhältnissen ist es denn begründet, wenn wir sehen, dass die Segmente der Mundorgane nicht bloss durch ihre Kürze sich auszeichnen, sondern auch ohne alle nachweisbare Grenze zu einer festen Skeletmasse von kugliger Form miteinander verschmelzen, deren räumliche Entwicklung vornämlich durch die Anforderungen der im Innern eingeschlossenen Muskeln für die Mundorgane bestimmt ist.

Auf solche Weise entsteht ein neuer Abschnitt des Insektenkörpers, der sogenannte Kopf.

Dieser Kopf ist aber nicht bloss mit den Mundorganen ausgestattet; er trägt daneben auch noch eine Anzahl von Sinnesorganen und zwar diejenigen, welche in nächster Be-

ziehung zu dem Nahrungsgeschäfte und der Bewegung stehen, die Augen und Geruchswerkzeuge.

Die Augen der Insekten stehen in keiner Relation zu den Segmentanhängen. Sie sind in die Substanz des Kopfes eingesenkt und von den Bedeckungen desselben überkleidet. Anders aber die Geruchswerkzeuge, die, nach einem neuen, vielleicht nur bei den Arthropoden in Anwendung gezogenen Principe gebauet, aus metamorphosirten Segmentanhängen hervorgegangen sind. Es sind die sogenannten Fühlhörner der Insekten, welche als Geruchswerkzeuge fungiren, daneben aber auch noch eine anderweitige Verwendung erhalten, indem sie zugleich zum Betasten der äusseren Gegenstände passend eingerichtet sind.

Die Anhänge des Thorax und Kopfes sind die einzigen Segmentanhänge des Insektenkörpers. Die mannichfachsten Beziehungen zwischen Thier und Aussenwelt vermittelnd, reichen sie hin, die Bedürfnisse des individuellen Lebens zu befriedigen. Eine Vermehrung würde nicht bloss unnöthig sein, sondern selbst schädlich, weil dadurch der Körper erschwert, das Gewicht in anderer, minder vortheilhafter Weise vertheilt werden würde.

Aus diesem Grunde entbehrt denn auch der hintere Abschnitt des Insektenleibes, das sogenannte *Abdomen*, aller derartiger Gebilde. Durch eine passende Anordnung, namentlich eine hinreichende Länge der hintern Extremitäten, ist dafür gesorgt, dass es trotz jenem Mangel in gehöriger Weise beim Gehen gestützt wird, nicht etwa durch eine unnöthige Vermehrung der Berührungspunkte mit dem Boden die Leichtigkeit und Schnelligkeit der Locomotion hindert.

Mit den Segmentanhängen ist bei dem Abdomen zugleich die Nothwendigkeit einer Umformung der einzelnen Segmente hinweggefallen. Durch die Persistenz der zarten Verbindungshaut bleiben die Ringe isolirt und beweglich. Ihre Festigkeit nimmt in keinem grösseren Maasse zu, als das Schutzbedürfniss, als die Thätigkeit der daran befestigten Muskeln es verlangt. Ihr Umfang entspricht den räumlichen Anforderungen der eingeschlossenen Organe.

Die Beweglichkeit der einzelnen Abdominalringe ist für die Insekten von grössester Bedeutung. Sie gestattet eine

Veränderung des Schwerpunktes, eine Veränderung in der Grösse und Lage der Widerstandsfläche gegen die Luft und influirt dadurch in mancherlei Weise auf die Ortsbewegung beim Fluge. Noch mehr, sie gestattet eine Erweiterung und Verengerung der Leibeshöhle, und kann sich dadurch den wechselnden Zuständen und Anforderungen der Eingeweide anschmiegen. Ich will hier nur an den Athmungsprocess der Insekten erinnern, der, unter den sonst gegebenen Verhältnissen, ohne solche Anordnung gar nicht zu Stande kommen könnte.

Wäre das Abdomen der Insekten von einem ungegliederten, starren Panzer umgeben, so würde es sehr viel umfangreicher sein und eine geräumige Leibeshöhle umschliessen müssen (wie etwa der Leib bei den Seeigeln), um die temporären Vergrösserungen der Eingeweide nicht zu beeinträchtigen. Dadurch aber würde das Gewicht des Abdomen wachsen, nicht bloss um das Plus der Skeletmasse, sondern auch um den Inhalt der vergrösserten Leibeshöhle.

Man sieht, wie in allen Theilen und Verhältnissen der Bau der Insekten durch die Leistungen und Lebensverhältnisse derselben vorgezeichnet ist. Und dieses gilt natürlich nicht bloss von dem Aeussern.

Die Bewegung des Körpers verlangt einen entsprechenden Aufwand von Muskelkraft. Diese aber ist nur durch einen Verbrauch von Muskelsubstanz ermöglicht. Soll sie ungeschwächt dieselbe bleiben, so muss durch passende Einrichtung der nutritiven Organe für beständige, hinreichende Neubildung gesorgt werden.

In der Beweglichkeit selbst hat nun allerdings der Körper das Mittel, eine hinreichende Menge von passenden Nahrungsmitteln herbeizuschaffen, allein damit ist noch nicht jeder Anforderung genügt. Darmkanal, Respirationsorgane u. s. w. müssen mit den Bedürfnissen des Stoffwechsels in dasselbe Gleichgewicht gesetzt werden.

Der Darmkanal der Insekten ist verhältnissmässig länger als bei den übrigen Arthropoden, meist vielfach gewunden. Die resorbirende Fläche gewinnt dadurch an Ausbreitung, und in demselben Verhältnisse an Fähigkeit, die Nahrungssubstanzen auszubeuten. Bei geringerer Länge des Darms

wird durch grosse Gefrässigkeit (man denke nur an die Heuschrecken) dem Nahrungsbedürfniss genügt. Bei solchen Thieren ist der Darm beständig mit Speisebrei gefüllt. Weil aber der Körper dadurch in entsprechender Weise beschwert wird (das Plus der Nahrung wiegt sicherlich mehr als das durch 'jene andere Anordnung nöthig gewordene Plus des Darms), kann solche Anordnung wohl nicht bei allen Insekten angebracht werden, am wenigsten bei denjenigen, die vornehmlich auf eine Flugbewegung angewiesen sind.

In ähnlicher Weise spricht sich der ganze Bau des Insektenkörpers mit seinen locomotorischen Leistungen in der Beschaffenheit und Anordnung des respiratorischen Apparates aus. Nicht bloss, dass die Insekten für eine directe Luftathmung eingerichtet sein mussten, um den Anforderungen des Stoffwechsels zu genügen (eine Kiemenrespiration würde überdiess mit der Anwesenheit der Flugorgane kaum zu vereinigen sein), es war eben so nothwendig, für eine hinreichende Ausbreitung der respiratorischen Fläche zu sorgen. Die Luftgefässe der Insekten übertreffen an Zahl und Verästelung die der Spinnen u. s. w. um ein sehr Beträchtliches *). Dass diese Anordnung des pneumatischen Apparates mit der Degradation des Gefässsystems in nachweislichem Zusammenhange stehe, will ich nicht näher hervorheben. Für unsere gegenwärtige Aufgabe kommt dasselbe höchstens so weit in Betracht, als der Körper durch das Wegfallen der Gefässe in Etwas an Gewicht abnehmen wird.

Noch in anderer directer Weise hängt aber diese Anordnung der Luftgefässe bei den Insekten mit dem Flugvermögen **) zusammen. Die Zahl und Verästelung derselben

*) Das Athmungsbedürfniss der Insekten ist sehr beträchtlich. Für ein Volumtheil des Körpers beträgt der Verbrauch des Sauerstoffes eben so viel, wie für ein gleiches Volumtheil Säugethier. Die Insekten wären ohne Zweifel warmblütig, gleich den Säugethieren und Vögeln, wenn das grössere Verhältniss zwischen der äusseren verdunstenden Körperfläche und der innern Wärmequelle nicht so sehr ungünstig wäre. Vergl. Bergmann, Wärmeökonomie S. 116. N. 2.

**) Die schwimmenden Insekten besitzen in ihrem Tracheenapparat überdiess einen hydrostatischen Bewegungsapparat, wie die Fische

erlaubt eine Vertheilung, wie sie mit den Anforderungen der Schwere bei dem fliegenden Körper übereinstimmt. Ueberdiess sind sie ein sehr willkommenes Mittel, die Insekten specifisch leichter zu machen, als sie sonst sein würden. Sie vergrössern das Volumen, ohne das absolute Gewicht zu vermehren, und stellen dadurch ein für den Flug sehr günstiges Verhältniss zwischen Fläche und Schwere her. Je mehr dieses geschieht, desto geeigneter werden die Insekten zum Fluge sein. Aus diesem Grunde sind die Luftgefässe sehr häufig mit Bläschen oder beutelförmigen Erweiterungen versehen, den sogenannten Luftsäcken, deren Entwicklung und Menge in geradem Verhältniss zu dem Flugvermögen steht.

Ist es mir in dem Voranstehenden nun gelungen, den Nachweis zu liefern, dass die Lebensäusserungen der Insekten (wie überhaupt aller Thiere) auf sehr complexen Bedingungen beruhen, die zu einem gemeinsamen Zwecke zusammenwirken, so bedarf es wohl kaum noch der näheren Ausführung, wie sich auch in den übrigen minder auffallenden Organisationsverhältnissen dasselbe kundthut. Nur Eines will ich von diesen hier noch hervorheben, die Beziehung der Bewegungsfähigkeit zu dem Organ des Gesichtsinnes.

Es ist natürlich, dass der Kreis von äusseren Gegenständen, mit dem die Thiere durch ihre Lebensverhältnisse in Berührung kommen, im Allgemeinen nach der wechselnden Körpergrösse und Bewegungsfähigkeit beschränkt und ausgebreitet sein muss. Von diesen beiden Factors wird die Entwicklung des Sehvermögens, durch welches vor allen andern Sinnen die Thiere ihre Umgebung wahrnehmen, bedingt sein.

Grössere und rasch bewegliche Thiere werden daher durchschnittlich besser für die Ferne sehen müssen, kleinere und trägere besser für die Nähe.

Im Allgemeinen ist nun Grösse und Bewegungsfähigkeit sehr eng verknüpft, indem die grösseren Thiere in gleichen Zeiten durchschnittlich grössere Räume durchlaufen werden,

in ihrer Schwimmblase. Vergl. das Nähere hierüber in dem am Eingang erwähnten Werke.

als kleinere. Aber nicht so bei den Insekten, die bei grosser Kleinheit eine rasche Beweglichkeit besitzen. Die Construction der Augen muss nun demgemäss bei ihnen ebensowohl ein scharfes Sehen in der Nähe, als in der Ferne erlauben.

In diesem Verhältniss sehen wir den Grund, dass die Augen der Insekten nach einem ganz andern Princip gebaut werden mussten, als die der Wirbelthiere. Die letzteren sind allerdings, wie wir wissen, einer Einrichtung für verschiedene Entfernungen fähig, sie können sich denselben accommodiren, aber diese Accommodationsfähigkeit ist in einer solchen Weise begrenzt, dass derartige Apparate den Insekten nicht genügen könnten.

Wie der Bau der Insektenaugen bei den einzelnen Thieren, je nach den speciellen Erfordernissen der Lebensweise und Locomotion wechseln, wie namentlich die Scharfsichtigkeit, die Grösse des Gesichtsfeldes hiernach verschieden sei, will ich nicht weiter berücksichtigen. Bei einer spätern Gelegenheit wird dasselbe mit einem sehr auffallenden Beispiele näher belegt werden.

Von vorn herein ist es indessen ersichtlich, dass die einzelnen Modificationen in der Bewegungsweise auf den Gesamtbau des Körpers und die Ausrüstung desselben von grössestem Einfluss sein werden. Die ganze Maschine steht ja unter dem Gesetze der mechanischen und physiologischen Nothwendigkeit. Lebensäusserung und Bau verhalten sich zu einander, wie die beiden Glieder einer Gleichung. Man kann keinen Factor, auch nicht den kleinsten, in dem einen Gliede verändern, ohne die Gleichung zu stören.

Betrachten wir die Insekten nach der Verschiedenheit und der Art ihrer Locomotion im Allgemeinen, so können wir sie danach in zwei grosse Gruppen scheiden. Die einen bedienen sich vorzugsweise ihrer Flugwerkzeuge zur Ortsbewegung, die anderen ihrer Beine.

Die letztern, welche die Käfer, Heuschrecken, Wanzen umfassen, enthalten die massenhaftesten Formen der Insekten, übertreffen auch an durchschnittlicher Grösse die Insekten der andern Reihe mit den Schmetterlingen, Fliegen und Bienen. Ihr Körper ist aber nicht bloss massenhafter, er ist

auch sehr viel plumper, namentlich breiter, so dass er der Luft eine beträchtliche Widerstandsfläche darbietet. Diese Verhältnisse, die für den Flug natürlich nicht sehr vortheilhaft sein konnten, rühren wohl zum grossen Theil daher, dass die betreffenden Thiere durch ihre Lebensverhältnisse zu mancherlei ansehnlichen Kraftleistungen veranlasst werden. Da sehen wir Thiere unter ihnen, die ihre Beute erjagen und überwältigen, die zu diesem Zwecke senkrechte Höhen besteigen, die in der Erde scharren und graben, die Lasten fortschieben u. s. w. Zu solchen Leistungen erscheinen vor allen die vorderen Extremitäten geschickt, nicht bloss deshalb, weil etwa die Nähe der Mundöffnung den Beziehungen derselben zur Nahrungsaufnahme am besten entspricht, sondern auch deshalb, weil dieselben in solcher Weise am leichtesten von den Sinnesorganen, namentlich dem Auge, überwacht werden konnten.

Die Verwendung der vorderen Extremitäten zu solchen besondern Handthierungen erfordert nun aber natürlich eine zweckmässige Einrichtung in Form, Anordnung der Gelenkverbindung und der Muskelmasse. Auch auf die Beschaffenheit des betreffenden Segmentes influirt dieselbe. Damit die Beziehungen zur Aussenwelt an Mannichfaltigkeit noch zunehmen, damit Lage, Stellung, Haltung der Extremitäten möglichst wechseln können, verschmilzt dieses Segment nicht mit den folgenden in eine gemeinsame Masse, sondern gliedert sich durch ein besonderes Gelenk davon ab.

Auch in der Anordnung der Fresswerkzeuge spricht die grössere Kraftleistung jener Thiere sich aus. Mit Ausnahme der Hemipteren besitzen sie kauende Mundapparate, oft von ansehnlicher Grösse, Festigkeit und Schwere, die nicht bloss an sich einen entsprechenden Muskelapparat erfordern, sondern auch an die zur Befestigung des Kopfes bestimmten Muskeln ihre Anforderungen stellen.

Alle diese Anordnungen, die jedenfalls das Gewicht des Leibes um ein Erkleckliches vergrössern, fallen bei den eigentlichen Fluginsekten hinweg. Die Extremitäten sind schwach — die vordern sogar mitunter (Papilionen) verkümmert —, der Prothorax sehr unbedeutend, der Kopf gewöhnlich mit Saugwerkzeugen versehen. Wo unter solchen Um-

ständen beissende Mundorgane vorkommen (bei manchen Bienen), sind auch diese meist nur schwach und zu geringen Krafftleistungen befähigt.

Die Saugwerkzeuge eignen sich für diese Insekten übrigens nicht bloss wegen ihrer grösseren Leichtigkeit, sondern auch deshalb, weil die betreffenden Thiere wegen ihrer schnelleren Bewegung durch den Flug am leichtesten ein hinreichendes Material passender Nahrung herbeischaffen können. Man wende hier nicht ein, dass ja auch die Wanzen ohne diese Vortheile der Flugbewegung mit Saugwerkzeugen leben. Zum Theil sind diese Thiere auf Pflanzensäfte angewiesen, die in grosser Menge vorkommen, deren Erlangung also auch bei geringer Mobilität möglich ist. Diejenigen, welche von thierischen Säften sich ernähren, sind theils Bewohner des Wassers, in dem sie mit grosser Schnelligkeit umherschwimmen, theils Parasiten, theils auch nächtliche Thiere, die ihre Bente im Schlafe überfallen und plündern. Auch ohne den Gebrauch der Flugwerkzeuge (die überdiess bei ihnen, wie den übrigen Insekten, mit derselben Ortsbewegung, namentlich der Käfer, zum Theil wegen ihrer Härte und Schwere viel weniger zum Fluge sich eignen) werden solche Thiere für ihre Saugwerkzeuge hinreichende Nahrung vorfinden.

Wie sehr aber sonst die Anwesenheit solcher Mundorgane von der Flugfähigkeit abhängt, ersehen wir sehr deutlich daraus, dass die Schmetterlinge, Fliegen und Bienen ohne alle Ausnahme im Jugendzustande, so lange sie der Flugwerkzeuge entbehren, statt der Saugapparate mit Kauwerkzeugen versehen und auf eine andere Nahrung angewiesen sind.

Man denke sich nur eine Raupe, schwerfällig wie sie ist, fast gebannt auf demselben Fleck, und gebe ihr Nahrungshedürfniss und Mundorgane des späteren Schmetterlings. Man würde ein Geschöpf construiren, das in kurzer Zeit dem Untergange anheimfällt, um so sicherer, als dasselbe zu seinem Wachsthum so sehr beträchtliche Quantitäten von Nahrungsmitteln nöthig hat.

Wir haben eben der Jugendzustände der Insekten Erwähnung gethan. Noch ein Paar Augenblicke wollen wir bei denselben verweilen, weil die zwischen ihnen und den aus-

gebildeten Formen obwaltenden Organisationsverschiedenheiten in mehrfacher Beziehung unsere Aufmerksamkeit fesseln.

Nach der Geburt sind bekanntlich die Insekten alle flügellos. Sie erscheinen als Larven, von den ausgebildeten Thieren mehr oder minder verschieden. Die einen gleichen denselben bis auf den Mangel der Flugwerkzeuge fast vollkommen. Es sind dieses solche Arten, die auch im späteren Zustande nur selten Gebrauch von ihren Flugapparaten machen, sich namentlich auch derselben zu ihren Nahrungszwecken nicht bedienen. Sie bilden die Gruppen der Wanzen und Heuschrecken. Der Mangel der Flugapparate wird unter solchen Umständen nur wenigen Einfluss auf die Lebensweise üben. Die Jungen werden die Leistungen und den Bau der Aelteren im Wesentlichen theilen können, namentlich auch, bei gleicher Entwicklung der Extremitäten, dieselbe Anordnung der Gesichtsorgane und Fresswerkzeuge besitzen *).

Ganz anders aber verhalten sich die Larven der Schmetterlinge, Fliegen und Bienen, derjenigen Insekten, die, wie ich oben erwähnte, im ausgebildeten Zustand der Flügel nicht entbehren können, wenn sie die von der Natur ihnen vorgeschriebene Nahrung zu ihrer Erhaltung sich verschaffen sollten, anders auch die Larven der (meisten) Käfer — aus Gründen, die wir gleichfalls wohl in der Beschaffenheit, namentlich in dem Vorkommen und der Verbreitung ihrer Nahrung zu suchen haben.

Diese besitzen, um ihr Leben fristen zu können, nicht bloss ganz durchgebends Fresswerkzeuge statt der spätern Saugapparate; sie sind auch ausserdem mit sehr wenig ent-

*) Sehr eigenthümlich verhalten sich in dieser Hinsicht die Libelluliden, die wir als fliegende Heuschrecken betrachten müssen, die sich namentlich auch ihrer Flugfähigkeit beim Fang der Beute bedienen. Als Larven müssen diese Thiere daher unter andern Verhältnissen leben: sie steigen in das Wasser, wo sie schneller und leichter sich bewegen können, als laufend auf dem Boden; sie bekommen endlich in der eigenthümlich umgeformten Unterlippe ein besonderes Fangwerkzeug zum Ergreifen ihrer Beute. Was die Natur ihnen durch den Mangel der Flügel entzogen, hat sie in solcher Weise durch neue Ausrüstungen zu ersetzen gewusst.

wickelten Beinen versehen, die nur eine geringe, langsame und schwerfällige Locomotion gestatten. Ja viele Arten entbehren im Larvenzustande der Beine vollends. Es sind dieses solche Arten, die entweder im Wasser sich aufhalten (Mücken), wo sie durch Krümmungen des Körpers sich noch ziemlich rasch bewegen können, theils auch solche, die unter Umständen leben, wo sie in unmittelbarer Nähe mit hinreichenden Nahrungsmassen umgeben sind, in faulenden vegetabilischen und thierischen Substanzen, im Innern von Pflanzen und Thieren u. s. w. Wie unter andern Umständen die Triebe und Instinkte der Eltern solche günstige Verhältnisse künstlich herbeiführen, davon geben uns die Honigbienen, Ichneumoniden u. s. w. sehr überzeugende Beispiele.

Doch auch die mit Beinen versehenen Larven solcher Insekten müssen aus dem angegebenen Grunde in der Regel auf eine wirksamere Beihülfe derselben in der Erlangung der Nahrungsmittel Verzicht leisten. Sie nähren sich deshalb fast beständig von solchen Stoffen, die in Menge vorrätzig sind und ohne grosse Mühe sich erlangen lassen, von Blättern und sonstigen Pflanzentheilen und dergleichen. Nur selten sind sie darauf angewiesen, ihre Beute zu fangen. Wo aber dieses der Fall ist, da werden sie hierbei beständig noch durch andere Mittel unterstützt, durch Kunsttriebe (man denke nur an die Ameisenlöwen und Cicindelen), durch Aufenthalt im Wasser, durch eine passende Organisation der Beine (Raubkäfer).

Die mangelnde oder doch gewöhnlich sehr geringe Entwicklung der Locomotionsorgane, verfehlt nun aber nicht in der Anordnung der Thoracalsegmente sich geltend zu machen. Die mechanischen Bedingungen für die abweichende Gestaltung derselben in den ausgebildeten Insekten sind hinweggefallen. Die betreffenden Segmente unterscheiden sich in Nichts oder doch nur sehr unbedeutend von den übrigen Ringen des Körpers. (Schon bei den Wanzen und Henschrecken sind sie im Larvenzustande weniger fest und geräumig, weil die Flugwerkzeuge ihre Anforderungen daran noch nicht geltend gemacht haben).

Die geringere Beweglichkeit dieser Larven, das mangelnde Flugvermögen, spricht sich auch noch in anderen Organisationsverhältnissen sehr deutlich aus. Die blasenför-

migen Erweiterungen der Tracheen fehlen noch; der Darm verläuft oft ganz gerade von Munde zum After. Auch die Augen zeigen eine andere Entwicklung. Die Bedingungen für die abweichende Organisation derselben bei den ausgebildeten Thieren sind hinweggefallen. Sie zeigen im Wesentlichen denselben Bau, wie bei den Wirbelthieren, lassen aber aus ihrer ganzen Anordnung schliessen, dass sie nur für die Wahrnehmung sehr naher Objecte sich eignen. Ebenso sind die Fühlhörner verkürzt: nur die nächsten Gegenstände brauchen von ihnen percipirt zu werden.

An ein solches schwerfälliges Geschöpf stellt nun aber auf der anderen Seite auch das Schutzbedürfniss ganz andere Anforderungen. Die ausgebildeten Insekten, und auch die rasch beweglichen Larven, können sich durch ihre locomotorische Fähigkeit den Nachstellungen ihrer Feinde entziehen, sie können sich auch nöthigenfalls, der eigenen Stärke vertrauend, denselben zur Wehre setzen. Aber nicht so jene. Wo sie nicht durch Lebensweise und verborgenen Aufenthalt den Feinden sich entziehen, da sind sie zur Abwehr derselben mit Haaren und Borsten bewaffnet, da tragen sie unscheinbare Farben, die meist mit denen der Umgebung übereinstimmen, da bauen sie äussere Wohnungen, da endlich stellen sie sich todt bei drohender Gefahr, kugeln sich und dergleichen.

Am dringendsten wird die Nothwendigkeit solcher schützenden Veranstaltungen im sogenannten Puppenzustande, wo die Thiere bewegungslos und scheinbar schlafend in die spätere vollendete Gestalt übergeführt werden. In manchen Fällen vertrocknet dann die alte Larvenhaut im Umkreis des Körpers zu einer festen und schützenden Hülle (Fliegen), weit häufiger aber spinnt sich die Larve ein mehr oder minder dichtes Gewebe, den sogenannten Cocon, der die Puppe umgiebt, sie schützend vor Nachstellung und Gefahr. Ueberdiess sucht die Larve gewöhnlich, um den Puppenschlaf zu überstehen, gesicherte, heimliche Orte: sie gräbt sich ein in die Erde, überdeckt sich mit Blättern, hängt sich auf an Mauern, Zweigen u. s. w.

Doch wozu überhaupt dieser Puppenschlaf, wird man fragen. Ich glaube die Antwort ist leicht gefunden. Um

aus einer ungestalteten, schwerfälligen Larve ein vollendetes, beschwingtes und leicht bewegliches Insekt zu machen, bedarf es einer grossen Veränderung, einer regen Aeusserung jener plastischen Processe, die jede Neubildung begleiten. Die Bewegungen der Puppe würden diese mannichfach stören, sie würden überdiess einen Stoffumsatz verlangen, dessen Bedürfnisse am wenigsten zu einer Zeit bestritten werden könnten, wo die Metamorphose so sehr beträchtliche Ansprüche an die plastischen Stoffe des Körpers macht.

In eben diesem Verhältnisse sehe ich auch den Grund für die geringe Beweglichkeit, die rudimentäre Entwicklung der Extremitäten bei den betreffenden Larven. Wenn wir ein Thier mästen wollen, so beschränken wir die Bewegung desselben durch künstliche Mittel. Jene Larven aber sind in solchen Zustande. Sie sollen nicht bloss in kurzer Zeit sehr beträchtlich wachsen, sie müssen auch das Material für die spätere Metamorphose im Innern deponiren; die Natur hat sie deshalb der Mittel zu einer raschen Bewegung beraubt, die unter den gegebenen Verhältnissen keinen Vortheil brächte, wohl aber den Nachtheil hätte, dass ein grosser Theil der genossenen Nahrungsmittel für die Neubildung der in der Bewegung verbrauchten Theile verwendet werden müsste.

Bei den Larven der Wanzen und Heuschrecken brauchten solche Massregeln nicht getroffen zu werden. Die geringen Veränderungen, die hier nothwendig sind, um aus der Larve das vollendete Insekt zu bilden, machen keine solche Ansprüche. Die Puppe bewegt sich, wie die Larve und das ausgebildete Thier, und weiss den dadurch erzeugten Ausfall an organischer Substanz durch neue Nahrungsmittel zu decken.

Giessen, im November 1850.
